Manual del programa para calcular la Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad (ENFICC y ED_H)

Modelo HIDENFICC v4.0

Junio - 2014

Contenido

1. Introducción 3

2. Cambios Hidenficc.xls versión 4.0 3

3. Descripción de la interface de ejecución 5

4. Interface para ejecución de EDICO 7

5. Interface de ingreso de parámetros 9

6. Procedimiento para el cálculo de la EDICO 13

7. Aspectos técnicos de la EDICO 15

7.1 Definición 15

7.2 Algoritmo para calcular EDICO 15

7.3 Cálculo de la EDACP 17

7.4 Cálculo de la EDH 17

7.5 Periodicidad en el cálculo de la EDH 17

1. Introducción

Este manual detalla la manera de utilizar la macro Hidenficc.xls v4.0[1] que incluye el cálculo de la ED_h descrita en la Resolución CREG 026 de 2014. Igualmente esta versión permite el cálculo de la ENFICC base y ENFICC 95%PSS descrito en las Resoluciones CREG 071 de 2006 y 085 de 2007.

Este manual es un complemento al manual publicado en la Circular CREG 063 de 2007

2. Cambios Hidenficc.xls versión 4.0

En relación con la versión 3.0, esta nueva versión incluye cambios en la interface de usuario de la hoja "Datos" y una nueva hoja "EDICO" para el cálculo del $ED_{h.}$ Además se cambió el aspecto gráfico de las demás hojas.

i. Cambios en el código para calcular el ED_h
ii. Cambios de diseño gráfico en todas las hojas de hidenficc.xls
iii. Cambio en el control para seleccionar la ubicación de la carpeta para los archivos *.LP
iv. Se implementaron 3 opciones para la ejecución de la macro: Calcular Enficc 1 iteración, Calcular Enficc 2 iteraciones y Calcular EDICO.
v. Nuevo control para ingresar el día y mes para el cálculo de EDICO.
vi. Nueva tabla para ingreso del nivel actual del embalse para el cálculo de EDICO.
vii. Nuevo campo para ingresar el mes de entrada en operación de los nuevos proyectos para el cálculo de EDICO.
viii. Nuevo campo que muestra la energía máxima de las plantas de generación.
ix. Nueva hoja para escribir los resultados del cálculo de EDICO.

[1] El modelo y manual de la macro Hidenficc V4.0 fue trabajada para la CREG por la firma RightSide S.A.S.

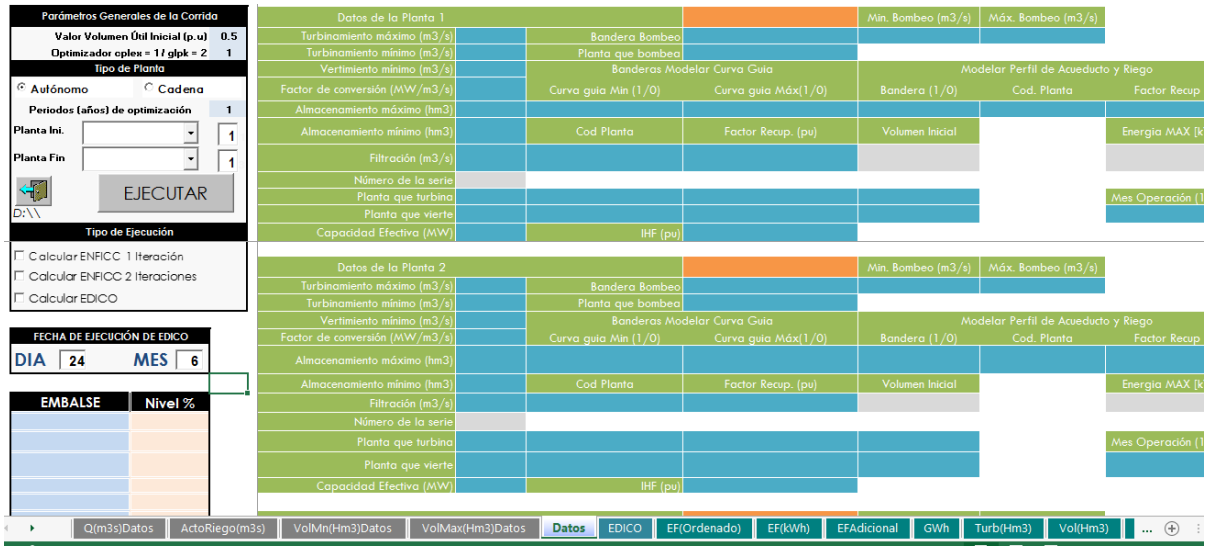


Figura 1. Aspecto general de la macro Hidenficc.xls

En la Figura 1, se muestra la interface gráfica de la hoja “Datos” y cada una de las hojas de entrada de datos y salidas. Como guía general, los datos de entrada se encuentran en la hoja “Datos” y en las hojas de color gris. (Hojas a la izquierda de la hoja “Datos”). En las hojas de color verde y la nueva hoja “EDICO”, a la derecha de la hoja “Datos”, se muestran los resultados una vez es ejecutado el modelo.

3. Descripción de la interface de ejecución

En la Figura 2, se muestra la interface gráfica para la ejecución de la macro. En la versión 4.0 se adicionaron nuevos botones que se describen a continuación.

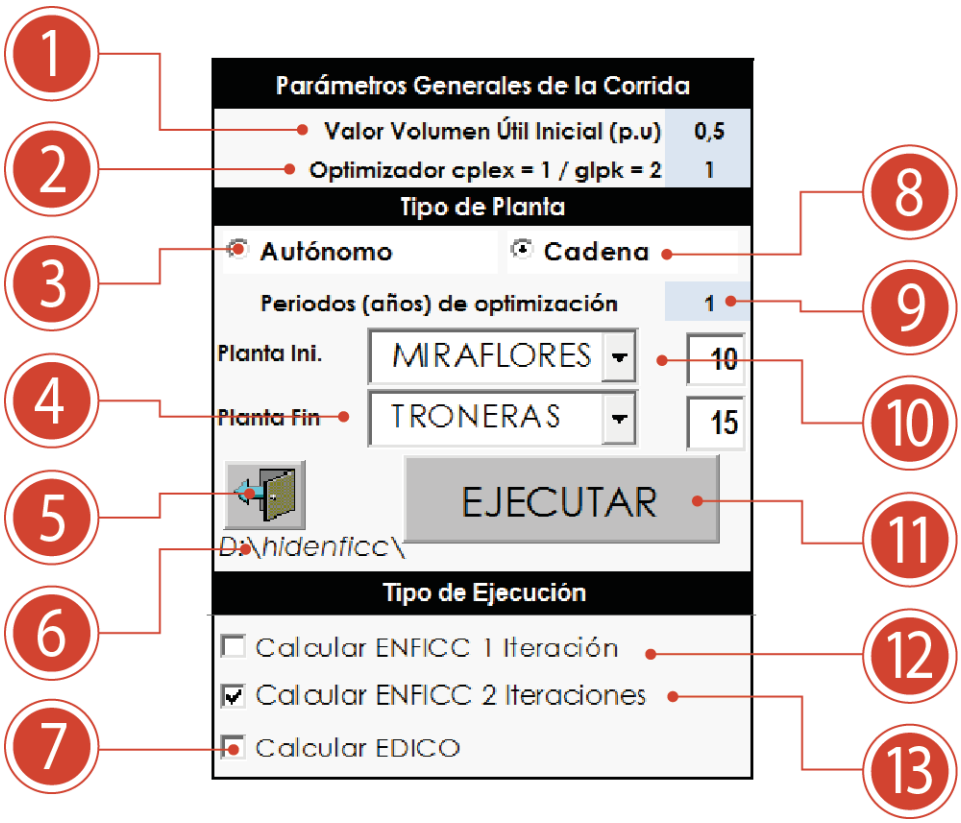


Figura 2. Interface de usuario para la ejecución del programa

1 Valor del volumen útil inicial de la ejecución de la ENFICC. Solo es válido para la ejecución de ENFICC 1 iteración y ENFICC 2 iteraciones. Este valor no es editable. Si se requiere modificar este campo se debe desproteger la hoja "Datos".

2 Elección del optimizador para realizar la ejecución de la macro. Si es 1, la macro usa el optimizador CPLEX 10.2. (Archivo cplex102.dll en la carpeta \\windows/system32) Se requiere de una licencia válida. Si se escoge 2, la macro usa el optimizador gratuito glpk 4.10. (Archivo glpk410.dll en la carpeta \\windows/system32).

Se ejecuta el modelo autónomo para plantas embalse-generador. En caso de ejecutar modelo autónomo para una cadena, la macro despliega un mensaje de error.

Se ejecuta el modelo cadena para plantas con varios embalses optimizados para un solo generador. En caso de ejecutar modelo cadena para un modelo autónomo, la macro despliega un mensaje de error.

En este campo se define el número de años para cada optimización. Por definición el valor es 1, es decir, se optimizan 12 meses de un año. Este valor no es editable. Si se requiere modificar este campo se debe desproteger la hoja “Datos”.

Planta Inicial. Es la primera planta que se optimiza en los cálculos. Debe corresponder a una de las plantas incluidas en la hoja “Datos”. Puede elegirse el nombre o el número (consecutivo) de la planta. Cuando se ejecuta el modelo para una cadena, planta inicial debe corresponder al primer elemento de la cadena y planta final al primer generador de la cadena.

Planta final. Es la última planta que se optimiza en los cálculos. Debe corresponder a una de las plantas incluidas en la hoja “Datos”. Puede elegirse el nombre o el número (consecutivo) de la planta. Cuando se ejecuta el modelo para una cadena, planta inicial debe corresponder al primer elemento de la cadena y planta final al primer generador de la cadena.

Este botón permite seleccionar la carpeta en donde se almacenarán los archivos *.LP generados por la macro.

En esta celda se muestra la carpeta seleccionada para almacenar los archivos *.LP generados por la macro.

Este botón permite ejecutar la macro, según la opción seleccionada en tipo de ejecución.

12 Si esta casilla es seleccionada, al ejecutar la macro se calcula la ENFICC de una iteración de las plantas seleccionadas

13 Si esta casilla es seleccionada, al ejecutar la macro se calcula la ENFICC de dos iteraciones para calcular la ENFICC 95%PSS de las cadenas. (esta selección es solo para cadenas, es decir, plantas con varios embalses aguas arriba)

7 Si esta casilla es seleccionada, al ejecutar la macro se calcula la EDICO y la EDh mensual, según la Resolución CREG 026 de 2014.

4. Interface para ejecución de EDICO

Esta interface solo tiene efecto si la casilla 7 de ejecución de *calcular EDICO,* es seleccionada.

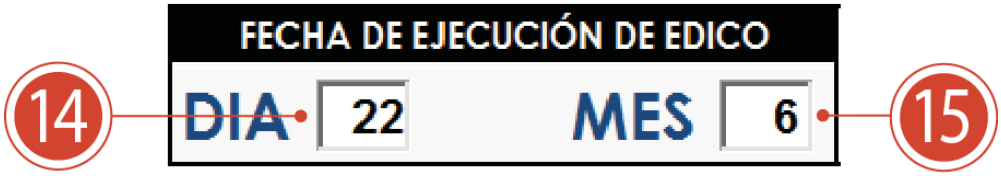


Figura 3. Elección de la fecha para calcular EDICO

14 En esta casilla se ingresa el día de cálculo para la EDICO. Por defecto este control se carga con el día de la fecha actual.

15 En esta casilla se ingresa el mes de cálculo para la EDICO. Este se convierte en el mes inicial de todos los periodos de optimización. Por defecto este control se carga con el mes de la fecha actual.

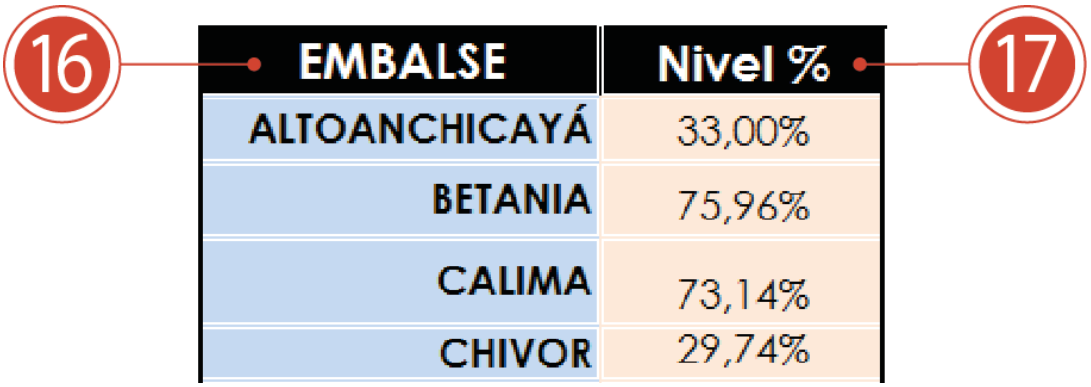


Figura 4. Nivel actual de los embalses para calcular EDICO

16 En esta columna se ingresan los embalses o plantas para calcular la EDICO. Los nombres deben coincidir exactamente con el nombre en la hoja "Datos".

17 En esta columna se ingresa el nivel actual de los embalses en % del volumen útil. Este volumen es el volumen inicial de cada periodo de optimización.

5. Interface de ingreso de parámetros

Los parámetros de las plantas del sistema son ingresados en la hoja “Datos”. En la Figura 5 se muestra el detalle de cada campo.

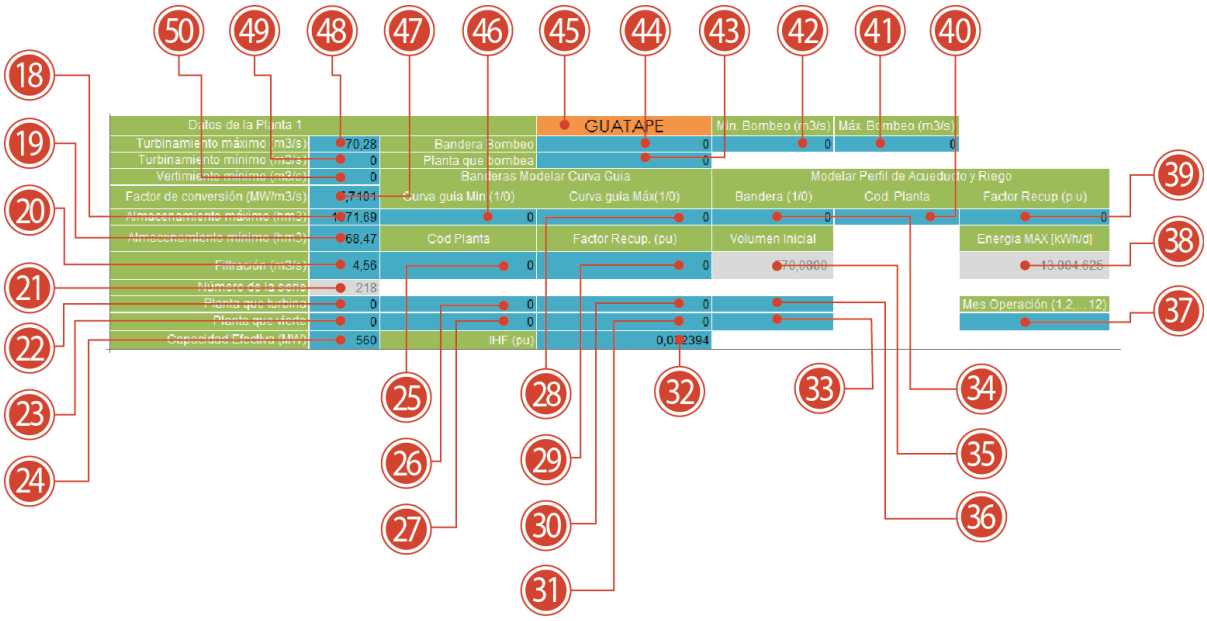


Figura 5. Interface de ingreso de parámetros

45 Nombre de la planta o elemento actual para la cual se realizarán los cálculos de Enficc o Edico.

48 Turbinamiento máximo de la planta m^3/s. Este valor es calculado por la macro para los elementos con el factor de conversión (campo del numeral 47) y la capacidad efectiva (campo del numeral 24) mayor que cero.

49 Turbinamiento mínimo de la planta m^3/s.

Vertimiento mínimo de la planta m^3/s.

Factor de conversión de la planta $MW/m^3/s$. Este valor debe ser mayor que cero para las plantas de generación, igual a 1 para las plantas modeladas como filo de agua y cero para los demás elementos.

Volumen máximo del embalse en Hm^3

Bandera para modelar curva guía mínima. Es un valor 1 o 0. Si el valor es 1 el modelo tiene en cuenta la curva mínima ingresada por el usuario en la hoja "VolMn(Hm3)Datos". Si el valor es cero, esta curva mínima no es tenida en cuenta por el modelo.

Bandera para modelar curva guía máxima. Es un valor 1 o 0. Si el valor es 1 el modelo tiene en cuenta la curva máxima ingresada por el usuario en la hoja "VolMax(Hm3)Datos". Si el valor es cero, esta curva máxima no es tenida en cuenta por el modelo.

Volumen mínimo del embalse en Hm^3

Filtración del embalse en m^3/s. Este valor se descuenta en la ecuación de balance hídrico.

Número de la planta aguas arriba que filtra sobre la planta actual. El valor de la filtración (campo número 20 de la planta aguas arriba), es multiplicado por el factor de recuperación (campo del numeral 29) y sumado en la ecuación de balance hídrico.

Factor de recuperación de la filtración aguas arriba que llega al embalse actual. Es un valor en p.u (0,1).

Número de la fila de Excel en donde comienzan los aportes hídricos en la hoja "Q(m3s)Datos". Este campo no es editable. Es calculado por la macro.

Número de la planta o elemento aguas arriba que turbina sobre la planta actual. El número corresponde al consecutivo de los elementos y plantas en la interface de parámetros de la hoja "Datos". La interface permite hasta 4 elementos que turbinen aguas arriba y pueden ser ingresados en los campos de los numerales 22, 26, 30 y 36.

Número de la planta o elemento aguas arriba que vierte sobre la planta actual. El número corresponde al consecutivo de los elementos y plantas en la interface de parámetros de la hoja "Datos". La interface permite hasta 4 elementos que vierten aguas arriba y pueden ser ingresados en los campos de los numerales 23, 27, 31 y 33.

Capacidad efectiva neta de las plantas de generación en MW. Este valor debe ser mayor que cero en los elementos que son plantas de generación y cero en los demás elementos incluyendo plantas filo de agua.

Índice de indisponibilidad histórica forzada -IHF de la planta de generación. Es un valor en p.u (0,1). Para los demás elementos que no son generadores, el valor de IHF debe ser igual a cero.

Volumen inicial del embalse. Si la ejecución del modelo se realiza con la opción Enficc de 1 o 2 iteraciones (numerales 12 o 13), el volumen inicial es el valor en Hm^3 correspondiente al volumen inicial configurado en el campo del numeral 1). Este valor es el volumen inicial del primer periodo del horizonte de cálculo. Si se ejecuta modelo EDICO (numeral 7), el volumen inicial es el valor en % correspondiente al volumen actual del embalse ingresado por el usuario en el campo del numeral 17. Este valor es el volumen inicial al comenzar cada periodo de optimización. Este campo no es editable por el usuario.

Bandera (1 o 0) para modelar acueducto o riego de la planta. Si la bandera es igual a 1, se restará el valor ingresado por el usuario en la hoja "ActoRiego(m3s)" en la ecuación de balance hídrico.

Número de la planta aguas arriba cuyo acueducto es aprovechado por la planta actual. El valor del acueducto aguas arriba, multiplicado por el factor de recuperación (valor del campo del numeral 39), es sumado en la ecuación de balance hídrico de la planta actual.

Factor de recuperación del acueducto o riego aguas arriba que llega al embalse o planta actual. Es un valor en p.u (0,1).

Energía máxima de la planta en kWh/d. Este valor es un cálculo realizado por la macro solo para fines informativos. Representa el valor máximo en energía que puede realizar la planta. El campo no es editable.

Mes de entrada en operación. Es un valor entre 1 y 12, que representa el mes en que un proyecto entra en operación. Solo se tiene en cuenta para el cálculo de EDICO. Si el campo se deja vacío significa que la planta no es un proyecto. El modelo considera el mes de entrada en operación para calcular los aportes aguas abajo solo a partir del mes ingresado en este campo.

Bandera 1 o 0 para modelar el bombeo en plantas tipo cadena. Esta bandera activa los valores de máximo y mínimo bombeo de los campos de los numerales 41 y 42.

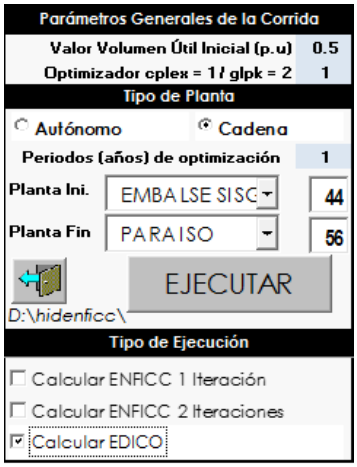
Bombeo máximo en m^3/s.

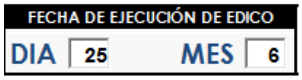
Bombeo mínimo en m^3/s.

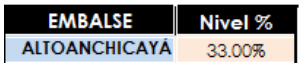
Número del elemento que bombea sobre la planta o elemento actual. El elemento referenciado debe tener la bandera de bombeo (campo del numeral 44) en 1.

6. Procedimiento para el cálculo de la EDICO

Para ejecutar el cálculo de la EDICO con la macro Hidenficc.xls se deben seguir los siguientes pasos:







a) Elegir la el optimizador a utilizar.

b) Elegir el tipo de planta autónomo o cadena.

c) Elegir la planta inicial y final.

d) Elegir la carpeta para almacenar los archivos *.LP

e) Elegir la opción de Calcular EDICO.

f) Escoger día y mes EDICO.

g) Actualizar los niveles de los embalses de las plantas seleccionadas.

h) Ejecutar.

Una vez ejecutado el modelo los resultados quedan almacenados en la hoja “EDICO”. En la Figura 6 se ilustra la estructura de la hoja de resultados.

51 Nombre de la planta a la cual se le realiza el cálculo de EDICO.

52 Valor de EDICO en kWh/d. Esta es la energía firme mínima de todo el horizonte de optimización.

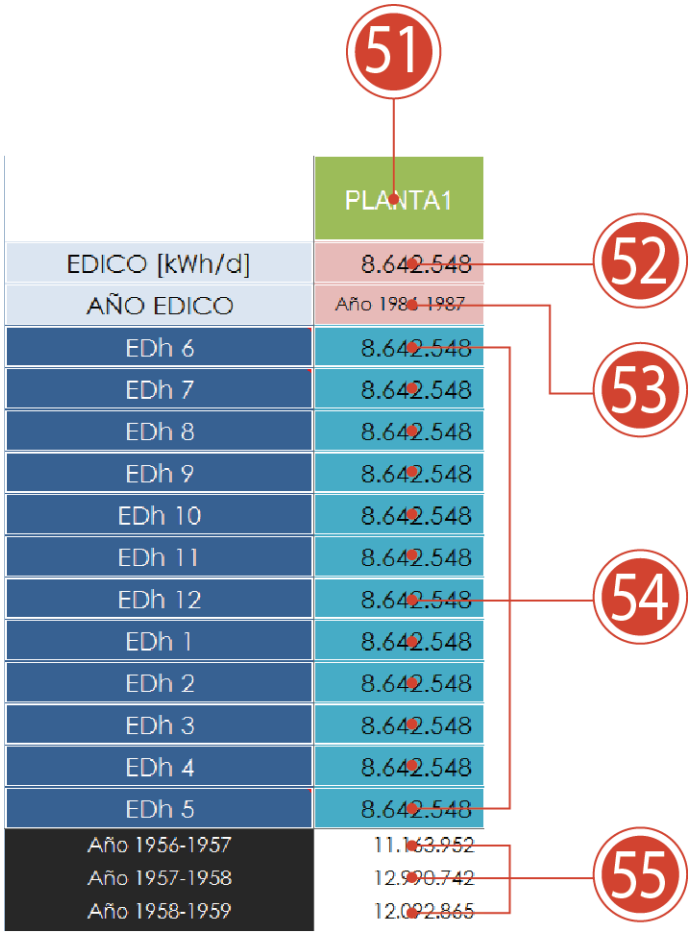


Figura 6. Hoja "EDICO"

53 Año histórico en el cual se presenta el valor de la EDICO. Este es utilizado por la macro para encontrar el valor de energía adicional de corto plazo EDACP.

54 Valor de la ED_h en kWh/d. Este valor corresponde a la suma de la EDICO y la EDACP. Se tiene un valor para cada mes del periodo de optimización. ***ED_h 6*** , significa el valor para el mes de junio.

55 Valor de la energía firme en kWh/d de cada año histórico

7. Aspectos técnicos de la EDICO

7.1 Definición

El término ED_h, definido en el Anexo 1 de la Resolución CREG 026 de 2014 es la energía disponible de corto plazo para las plantas hidráulicas. Es un término necesario para el cálculo del índice ED_m que define la energía disponible de corto plazo de todas las plantas del sistema para cada uno de los meses *m*:

$$ED_m = \sum_{i=1}^{n} ED_{H\,i,m} + min\left(\sum_{i=1}^{k} ED_{T\,i}\,, \sum_{i=1}^{k} Gs_{T\,i}\right) + ED_{PNDC}$$

La macro Hidenficc.xls entrega el cálculo del término $ED_{H\,i,m}$ para cada una de las plantas hidráulicas i con embalse asociado. (No se incluyen las plantas Filo de Agua cuya $ED_H = ENFICC$)

El mes m corresponde a los meses de un horizonte de 12 meses, partiendo desde el mes en que se realiza el cálculo. Por ejemplo, si el cálculo se realiza durante el mes de Junio implica m=JUNIO, JULIO, AGOSTO, … , MAYO.

7.2 Algoritmo para calcular EDICO

El algoritmo descrito en el Anexo 1 de la Resolución CREG 026 de 2014, para el cálculo de la EDICO se programó utilizando los principios del algoritmo programado en la Hidenficc.xls para el cálculo de la ENFICC de las plantas hidráulicas.

Para cada planta con embalse *i* y para cada uno de los años *k* con aportes históricos de cada embalse, se plantea el siguiente problema de optimización (se omiten las restricciones auxiliares y de bounds):

$$\max EDICO_{i,k}$$

$$sa$$

$$v_{i,\mathrm{m}} - v_{i,0} - \sum_{l \epsilon U_i} \left(q_{l,m} + s_{l,m}\right) + q_{i,m} + s_{i,m} = a_{i,\mathrm{t}} \quad \forall_{m=1} \quad (1)$$

$$v_{i,\mathrm{m}} - v_{i,m-1} - \sum_{l \epsilon U_i} \left(q_{l,t} + s_{l,t}\right) + q_{i,m} + s_{i,m} = a_{i,\mathrm{m}} \quad \forall_{m \neq 1} \quad (2)$$

$$EDICO_{i,k} \leq \rho_i \cdot q_{i,m} \quad (3) \quad \forall_m$$

Donde:

k Año de aportes históricos

m Etapas de cada problema de optimización. Son 12 etapas correspondientes a un mes del año. *m=1* es el mes de inicio del horizonte de 12 meses y es el mes en que se ejecuta el cálculo. Por ejemplo si el cálculo del ED_H se realiza en el mes de junio el horizonte de optimización de cada año *k* va desde junio a mayo.

i Índice de las plantas hidráulicas con embalse.

$v_{i,\mathrm{m}}$ Volumen del embalse de la planta *i* en el mes *m*

$v_{i,0}$ Volumen inicial del embalse de la planta *i*. Es igual para todos los años *k* y corresponde al último nivel reportado por el agente al momento del cálculo del ED_H.

$\sum_{l \epsilon U_i}\left(q_{l,m} + s_{l,m}\right)$ Término que representa la sumatoria de los vertimientos y turbinamientos aguas arriba de la planta *i*.

$q_{i,\mathrm{m}}$ Caudal turbinado por la planta *i* en el mes *m*

$s_{i,\mathrm{m}}$ Vertimiento de la planta *i* en el mes *m*

$a_{i,\mathrm{m}}$ Aportes hídricos históricos de la planta *i* en el mes *m*

ρ_i Factor de conversión medio de la planta *i*

$EDICO_{i,k}$ Energía que la planta *i* puede realizar durante todos los meses del año
k

La EDICO de la planta *i* es el menor valor de todos los años históricos:

$$EDICO_i = min\left(EDICO_{i,k}, EDICO_{i,k+1}, EDICO_{i,k+2}, \dots, EDICO_{i,k+n}\right)$$

7.3 Cálculo de la EDACP

El cálculo de la EDACP es realizado directamente por la macro Hidenficc.xls. El procedimiento para obtener el valor es el siguiente:

a. Ejecutar el cálculo del EDICO para todos los años históricos.
b. Identificar el año histórico en donde se presenta la $EDICO_i$
c. El valor de la EDACP para cada mes *m*, es el valor encontrado en la hoja *EFAdicional* de la Hidenficc.xls, para todos los meses del año identificado en el paso anterior.

$$EDACP_{i,m} = EFAcional_{i,m}$$

7.4 Cálculo de la EDH

El cálculo de la ED_H es la suma de la EDICO y la EDACP encontrados en los pasos anteriores para cada mes del periodo de optimización:

$$ED_{H\,i,m} = EDICO_i + EDACP_{i,m}$$

7.5 Periodicidad en el cálculo de la EDH

Según lo dispuesto en la Resolución CREG 026 de 2014, el cálculo de la ED_H tendrá una periodicidad mensual o semanal según la condición del sistema. Si el nivel de alerta es *Normal* el cálculo se realizará mensualmente. Si el nivel de alerta es *Riesgo* o *vigilancia*, el cálculo se realizará semanal.

El cálculo del EDICO realizado por el modelo Hidenficc.xls tiene las siguientes características:

- Los aportes hídricos que se introducen al modelo Hidenficc.xls están en unidades de caudal [m^3/s]
- Las restricciones de balance hídrico (1) y (2), son convertidas internamente por el modelo Hidenficc.xls a unidades de volumen [Hm^3]
- Las etapas del modelo Hidenficc.xls son etapas mensuales. Luego toda la información de las variables de salida se encuentran a nivel mensual.
- Las variables de estado del modelo Hidenficc.xls, representan el valor final en cada etapa, es decir, el volumen de junio de un año en particular, representa el volumen del embalse al final del mes de junio.

Esto quiere decir que el cálculo del ED_H del mes actual, depende del día del mes en que sea ejecutado el modelo. Es decir, el factor con el que se convierten las variables internas del modelo a unidades de [Hm^3/mes] y a unidades de [GWh/d], debe ser afectado por los días restantes del mes de cálculo, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Para convertir las variables de caudal [m^3/s] en [Hm^3/mes] se usa el siguiente factor β

$$\beta = \left[{m^3}/{s} \right] . \left[{1[Hm^3]}/{1000000[m^3]} \right] \left[{3600 * 24 * dm[s]}/{1[mes]} \right] = 0.0864 * dm$$

dm Es el número de días del mes.

Para el cálculo del ED_H, el factor β debe afectarse por el número de días dm que hacen falta para terminar el mes inicial de cálculo, desde el día que se hace la ejecución. Por ejemplo, si la ejecución del ED_H se realiza el día 5 de junio, el dm para este mes inicial será $dm = 25$. Los demás meses del horizonte mantienen el factor igual, es decir, contabilizando el número de días de cada mes (30, 31, 29 o 28).

De acuerdo a las anteriores consideraciones, antes de la ejecución del cálculo del ED_H semanal o mensual en el modelo Hidenficc.xls, el usuario debe actualizar el día de cálculo para que el modelo actualice internamente el β. Además el usuario debe actualizar el valor del volumen inicial $v_{i,0}$ al volumen más reciente declarado por el agente.